

1960～1970 年代の鋼材を用いた十字溶接継手の力学特性に関する研究

055317E 許田千晶 055311F 数間藍

1. はじめに

我が国の橋梁の多くは、1960～1970 年代の高度経済成長期に急速に建設されている。その鋼橋の寿命を左右する破壊形態として地震時の低サイクル疲労¹⁾、常時の高サイクル疲労がある。1960～1970 年代の鋼材は、製鋼技術が発展途上にあったことから、硫黄(S)などの非金属介在物量が多く板厚方向の絞り値が低いことが知られている²⁾。本研究では、1960～1970 年代の鋼材で構成された十字溶接継手の力学特性を引張試験によって検証する。

2. 試験方法

2.1 試験体

実橋から採取された²⁾ 1960～1970 年代の古い鋼材を用いて、**写真 1** に示すような十字溶接継手を製作した。試験体の製作は、研究対象の古材を十字溶接継手の挟まれ板に用いて、その両側は現代の鋼材を突き合わせ溶接で接合した。その後、**写真 2** に示すように JIS 規格 7 号試験片の形状に切断加工した。

2.2 試験パラメータ

表 1 に十字溶接の挟まれ板に用いた古材の ϕ_z 、S 量及び製鋼年を示す。ここで ϕ_z とは、板厚方向の絞り値を示す。試験片の板厚方向絞り値の区分として、現行基準³⁾ の ϕ_z の最低ランク 15% を考慮して 5%未満を低ランク、5%以上 15%未満を中ランク、15%以上を高ランクとする。

2.3 試験方法

引張試験では、2000 kN 万能試験機を用い JIS Z2241 に準じて試験を行う。なお、試験では弾性域、塑性域で徐荷を行い、変位制御にて試験を行った。

3. 引張試験結果

3.1 強度特性

表 2、**表 3** に降伏強度(YP)、破断強度(TP)を示す。**表 2** は現代の鋼材の場合、**表 3** は古材の場合を示す。表より、現代の鋼材では降伏強度、破断強度ともに、古材では降伏強度の試験値が規格値を上回っており、十分な強度特性を満たしているのが分かる。また、試験体総数 18 体中 14 体が古材の板厚内で破断した。

3.2 伸び特性

表 4 に引張試験から得られた破断時の歪と絞りを示す。破断時の歪は、破断後の標点間距離から求め、絞りは破断後の断面積から得られた値を示す。表より、 ϕ_z が低い方が破断時の歪、絞りは低い値を示している。また古材を用いた場合は、現代の鋼材よりも著しく低い結果となった。

図 1～3 に引張試験から得られた応力-歪曲線を示す。**図 1** は現代の鋼材を用いた場合、**図 2** は ϕ_z が高ランクの場合、**図 3** は ϕ_z が低ランクの場合の結果を示す。**図 1** より、現代の鋼材では、現行基準を上回っており十分な伸び性能を示している。**図 2、3** より古材の場合では、伸び性能が現代の鋼材の半分

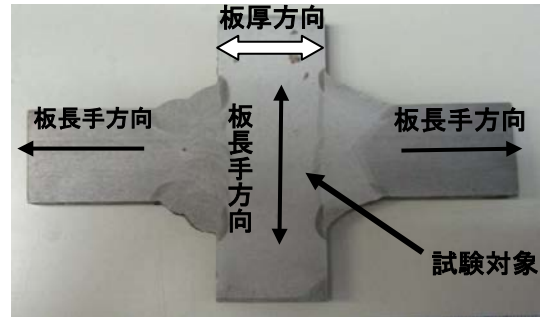


写真 1 十字溶接継手 (切断前)

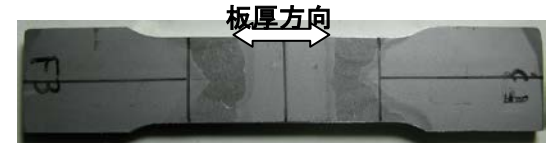


写真 2 引張試験片の形状 (JIS7 号試験片)

表 1 試験パラメータ

鋼種	板厚方向			試験体数
	ϕ_z [%]	S量[%]	製鋼年	
SM50B	低(4)	0.010	1967年	3体
	中(10)	0.022	1967年	3体
SM58	低(3)	0.005	1980年	6体
	高(22)	0.007	1971年	3体
SM60	高(15)	0.005	1967年	3体

表 2 引張強度 (現代の鋼材)

鋼種	YP[N/mm ²]		TS[N/mm ²]	
	試験値	規格値	試験値	規格値
SM400	331.3	285	448.5	437
SM490	379.5	367	525.5	532
SM570	380	552	419	658

表 3 引張強度 (古材を用いた鋼材)

鋼種	ϕ_z [%]	S量[%]	YP[N/mm ²]		TS[N/mm ²]	
			試験値	規格値	試験値	規格値
SM50B	低(4)	0.010	353.37	373	429.48	457.33
	中(10)	0.022	336.95	334	469.89	452.33
SM58	低(3)	0.005	493.69	496	501.77	531.67
	高(22)	0.007	455.98	526	527.79	615
SM60	高(15)	0.005	484.60	486.67	595.60	605.67

表 4 破断時の歪、絞り

鋼種	ϕ_z [%]	破断時の歪		絞り
		歪	絞り	
古材	SM50B	低(3.7)	3.95	3.90
		中(10.3)	7.70	6.46
	SM58	低(2.7)	5.46	1.87
		高(22.0)	8.17	13.13
現代の鋼材	SM60	高(15.3)	11.64	15.04
	SM400	-	17.54	19.55
	SM490	-	21.67	26.5
SM570	-	18.63	20.7	

も満たしておらず著しく低いことが分かる。特に図3での ϕz が低ランクの場合は、降伏後急激に破断しており伸び性能が極端に低い。写真3~5に図1~3に対応した破断部の破面写真を示す。写真3より現代の鋼材を用いた場合は、延性破面を呈しているのに対して、写真4、5の古材用いた場合には、ほとんど絞りが無い脆性破面を示している。またこの特異な破面は、階段状の破壊形態を示すラメラテアに近い破面を呈している。

3.3 含有硫黄量との関係

図4に実験から得られた破断時の歪と板厚方向鋼材の含有硫黄量との関係を示す。図より多少のバラつきはあるものの、S量が多くなるに従って破断時の歪は低くなっているのが分かる。

4. 結論

- 1) 板厚方向の絞り値が低く、含有硫黄量が高い鋼材で構成された十字溶接継手では、板厚方向の引張応力に対して十分な強度を満たしたが、伸び性能が非常に小さい。
- 2) 引張試験による破面は、ラメラテアの発生機構と類似した破壊機構を示しているのが推測された。
- 3) 1960~1970年代の鋼材で構成された十字溶接継手では、非常に脆い特性を示した。

今後、疲労試験、脆性破断試験を行ない1960~1970年代の十字溶接継手の耐震性、耐久性を検証していく。

参考文献

- 1) 三木千尋・Fauri FAHIMUDDIN・穴見健吾・大橋治一・町田文孝：鋼材十字溶接継手の板厚方向鋼材強度特性に関する研究
- 2) 下里哲弘：既設鋼橋隅角部の疲労亀裂発生原因による対策法に関する研究
- 3) 道路標示書、平成14年3月

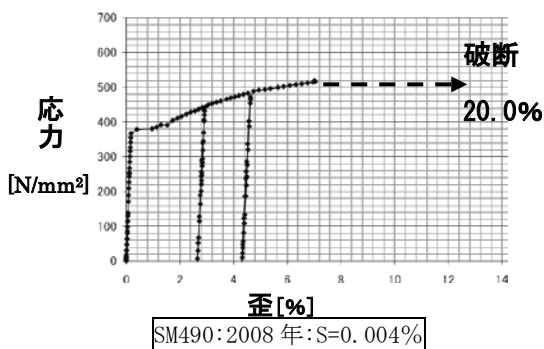


図1 応力-歪曲線

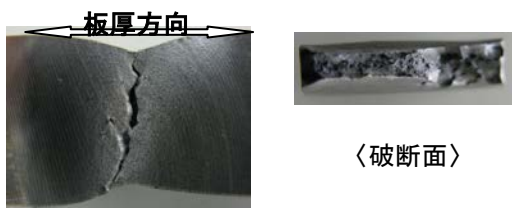


写真3 破断状況 (現代の鋼材)

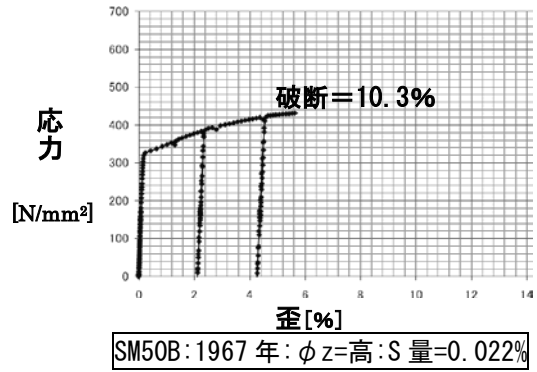


図2 応力-歪曲線

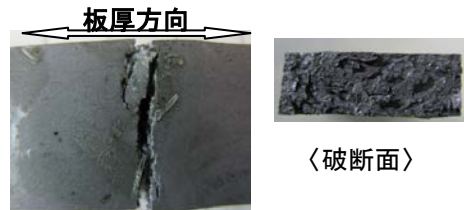


写真4 破断状況 (ϕz =高、S量=0.022%)

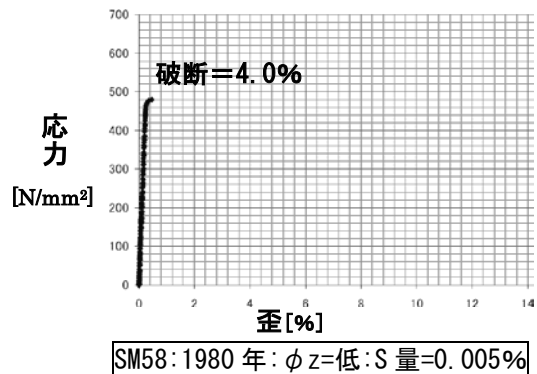


図3 応力-歪曲線

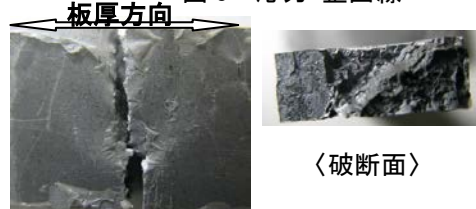


写真5 破断状況 (ϕz =低:S量=0.005%)

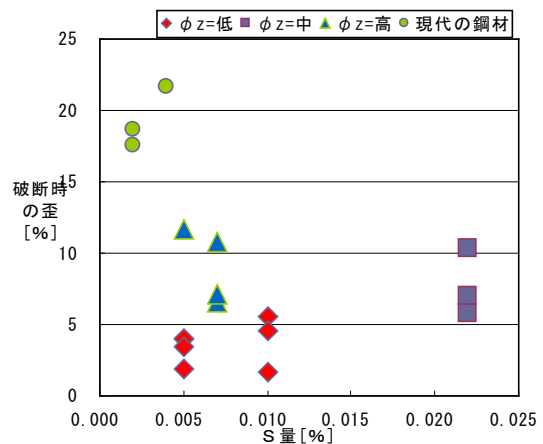


図4 破断時の歪と含有硫黄量との関係